



## The Delphion Integrated View

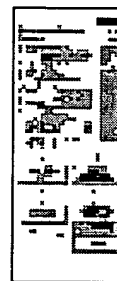
Get Now: ☒ PDF | [More choices...](#)Tools: Add to Work File: [Create new Work](#)View: [INPADOC](#) | Jump to: [Top](#)  Go to: [Derwent](#) [Email](#)**Title:** JP11265199A2: VOICE TRANSMITTER**Derwent Title:** Audio signal extracting transmitter - has time waveform converting unit that uses phase spectrum obtained by spectrum converter to convert spectrum of extracted frequency component into corresponding time waveform [\[Derwent Record\]](#)**Country:** JP Japan**Kind:** A**Inventor:** TAKANO TOMOHIRO;  
MATSUI HIROYUKI;**Assignee:** NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)**Published / Filed:** 1999-09-28 / 1998-03-18**Application Number:** JP1998000068381**IPC Code:** [G10L 3/02](#); [G10L 3/00](#); [G10L 7/08](#); [G10L 9/00](#);**Priority Number:** 1998-03-18 [JP1998199868381](#)**Abstract:** PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a noise suppressed voice even when voices collected by an air conduction microphone are buried in surrounding noises.

SOLUTION: Signals collected by the air conduction microphone and a bone conduction or external auditory miatus microphone 2 are respectively converted to spectrums, the frequency component of the voice included in the air conduction microphone 1 is discriminated and extracted from the output level of the amplitude spectrum of the bone conduction or external auditory miatus microphone 2 concerning each frequency component, and this extracted spectrum is converted to a time waveform. Thus, a noise suppressed transmission signal can be provided.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

**Family:** None**Forward References:** **Go to Result Set:** [Forward references \(1\)](#)

| PDF   | Patent                    | Pub.Date   | Inventor             | Assignee                | Title   |
|---|---------------------------|------------|----------------------|-------------------------|---|
|  | <a href="#">US6468084</a> | 2002-10-22 | MacMillan;<br>Philip | Beacon Literacy,<br>LLC | <a href="#">System and method for development</a> |

**Other Abstract Info:** DERABS G1999-606105 DERABS G1999-606105**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-265199

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>  
G 1 0 L 3/02  
3/00  
7/08  
9/00

識別記号  
3 0 1  
5 1 1

F I  
G 1 0 L 3/02 3 0 1 E  
3/00 5 1 1  
7/08 A  
9/00 F

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平10-68381

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月18日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 高野 智大

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 松井 弘行

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

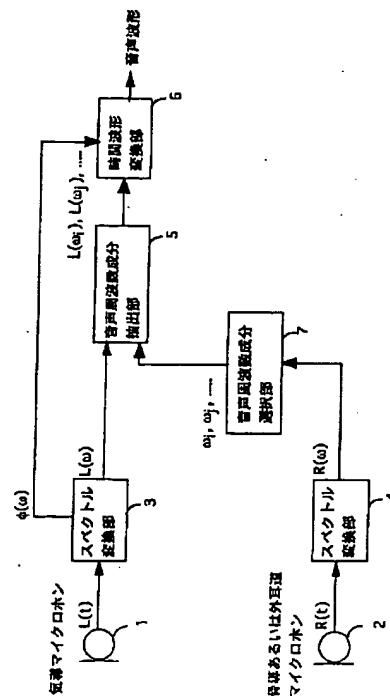
(74) 代理人 弁理士 草野 卓

(54) 【発明の名称】 送話器

(57) 【要約】

【課題】 気導マイクロホンにより収音された音声周波数成分が周囲騒音に埋もれていても騒音の抑圧された音声を得る。

【解決手段】 気導マイクロホン及び骨導あるいは外耳道マイクロホン2により収音された信号を各々スペクトルに変換し、各周波数成分について骨導あるいは外耳道マイクロホン2の振幅スペクトルの出力レベルから、気導マイクロホン1に含まれる音声の周波数成分を判定、抽出し、この抽出したスペクトルを時間波形に変換することにより、騒音の抑圧された送話信号を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 空气中を伝搬する音声を收音する気導マイクロホン（以下第1マイクロホンと記す）と、話者の骨振動あるいは外耳道内音圧を收音する骨導あるいは外耳道マイクロホン（以下第2マイクロホンと記す）と、前記第1、第2マイクロホンの各々の出力信号を振幅スペクトルと位相スペクトルに変換する第1、第2のスペクトル変換手段と、前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルと、予め設定されたしきい値とを各周波数成分ごとに比較し、しきい値よりも大きな周波数成分を音声の周波数成分と判定する音声周波数成分選択手段と、前記第1スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルから、前記音声周波数成分選択手段により音声の周波数成分と判定された周波数に対応する成分を抽出する音声周波数成分抽出手段と、前記音声周波数成分抽出手段により抽出された周波数成分のスペクトルを前記第1スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて時間波形に変換する時間波形変換手段とを有することを特徴とする送話器。

【請求項2】 請求項1記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分については前記第2スペクトル変換手段の出力スペクトル中の対応する周波数成分を抽出する騒音周波数成分抽出手段を具備し、前記時間波形変換手段においては、前記音声周波数成分抽出手段および前記騒音周波数成分抽出手段により出力された振幅スペクトルを、前記第1スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて時間波形に変換することを特徴とする送話器。

【請求項3】 請求項1記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分と判定されなかった前記第1スペクトル変換手段の出力スペクトル成分に対して予め設定された減衰を行う騒音周波数成分抑圧手段を具備し、前記時間波形変換手段においては、前記音声周波数成分抽出手段および前記騒音周波数成分抑圧手段により出力された振幅スペクトルを前記第1スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて時間波形に変換することを特徴とする送話器。

【請求項4】 請求項3記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分と判定されなかった前記第1スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルを抽出し、その抽出した振幅スペクトルから音声の周波数成分以外の周囲騒音スペクトルと出力レベルを推定する騒音レベル推定手段と、前記騒音レベル推定手段の推定結果に応じて前記騒音周波数成分抑圧手段における減衰量を決定する騒音抑圧量算出手段とを具備することを特徴とする送話器。

【請求項5】 請求項1乃至4の何れかに記載の送話器において、

前記音声周波数成分抽出手段により出力される振幅スペクトル中のカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ 以上の成分を通過させる高域通過フィルタ手段と、

前記第2スペクトル変換手段により出力される振幅スペクトル中のカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ 以下の成分を通過させる低域通過フィルタ手段とを具備し、

前記時間波形変換手段においては、前記高域通過フィルタ手段により出力される振幅スペクトルを前記第1スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて変換した時間波形と、前記低域通過フィルタ手段により出力される振幅スペクトルを前記第2スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて変換した時間波形とを合成することを特徴とする送話器。

【請求項6】 請求項5記載の送話器において、前記騒音レベル推定手段の推定結果から前記高域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ と前記低域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ を決定するカットオフ周波数算出手段を具備することを特徴とする送話器。

【請求項7】 請求項1乃至6の何れかに記載の送話器において、

前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルの大きさと、予め設定された無発声区間判定しきい値とを比較し、前記振幅スペクトルの大きさが前記無発声区間判定しきい値よりも小さいとき無発声状態であると判定する無発声区間検出手段と、

前記無発声区間検出手段により無発声状態と判定された場合に、各周波数成分について前記音声周波数成分選択手段に用いるしきい値を、前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルの値よりも大きくなるように更新するしきい値算出手段とを具備することを特徴とする送話器。

【請求項8】 請求項1乃至7の何れかに記載の送話器において、

前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルの大きさと、予め設定された無発声区間判定しきい値とを比較し、前記振幅スペクトルの大きさが前記無発声区間判定しきい値よりも小さいとき無発声状態であると判定する無発声区間検出手段と、

前記無発声区間検出手段により無発声状態と判定された場合において、前記時間波形変換手段の出力信号を減衰させる無発声区間減衰手段とを具備することを特徴とする送話器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、周囲騒音が混在した信号に対して、周囲騒音を抑圧し、音声信号を抽出する機能を有する送話器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】騒音下で、SN比がよく音声を受音する従来技術として、音声の調波構造を利用した騒音抑圧技術、例えばコームフィルタリングを用いた雑音抑圧技術がある（例えば、“長淵 裕実「コームフィルタリング騒音抑圧法の基本性能とPCM音声の品質改善への応用」、電子通信学会論文誌A、Vol. J65-A、No. 6、pp. 572-578”）。

【0003】図19は、その従来技術の例を説明するブロック図である。気導マイクロホン1の出力信号、あるいはその出力信号が供給されるスペクトル変換部3の出力から基本周波数計算部18において基本周波数を計算する。音声の調波構造を持っていることを利用し、計算した基本周波数にもとづき、音声周波数成分抽出部5において、音声の基本周波数およびその倍音に相当する音声の周波数成分を、スペクトル変換部3の出力から抽出して、それ以外の周波数成分を騒音成分と見なし除去する。次に時間波形変換部6において、抽出部5で抽出された音声の基本周波数およびその基本周波数の倍音成分を時間軸信号として合成することにより、騒音の抑圧された音声信号を得る。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】この従来技術では、まず第一に音声から基本周波数を正確に求める必要がある。しかし、気導マイクロホン1より収音された音声は周囲騒音に埋もれている場合には、周囲騒音の影響によって正確な基本周波数の計算ができず、騒音周波数成分除去性能が劣化するという問題があった。

【0005】また、調波構造を持たない子音については、基本周波数を求めることができないため、十分な騒音抑圧効果を期待できないという問題点があった。この発明の目的は、従来の調波構造を利用した騒音抑圧技術のもつ問題点、すなわち、基本周波数推定誤差による騒音周波数成分除去性能の劣化と調波構造を持たない子音への適用による騒音抑圧効果の劣化、の以上2つの問題点を解決した送話器を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明によれば、空气中を伝搬する音声を受音する気導マイクロホン（以下第1マイクロホンと記す）と、話者の骨振動あるいは外耳道内音圧を受音する骨導あるいは外耳道マイクロホン（以下第2マイクロホンと記す）とが設けられ、前記第1、第2マイクロホンの各々の出力信号が第1、第2スペクトル変換手段により振幅スペクトルと位相スペクトルに変換され、音声周波数成分選択手段で前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルと、予め設定されたしきい値とが各周波数成分ごとに比較され、しきい値よりも大きな周波数成分は音声の周波数成分と判定され、前記第1スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルから、前記音声周波数成分選択手段により音声の周波数成分と判定された周波数に対応する成分が音

声周波数成分抽出手段で抽出され、前記音声周波数成分抽出手段により抽出された周波数成分のスペクトルが前記第1スペクトル変換手段により算出された位相スペクトルを用いて時間波形に時間波形変換手段により変換される。

【0007】請求項2記載の発明によれば、請求項1記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段で音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分については前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトル中の対応する周波数成分が騒音周波数成分抽出手段で抽出され、前記時間波形変換手段においては、前記音声周波数成分抽出手段および前記騒音周波数成分抽出手段によりそれぞれ出力された振幅スペクトルが前記第1スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて時間波形に変換される。

【0008】請求項3記載の発明によれば、請求項1記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段で音声の周波数成分と判定されなかった前記第1スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルに対して予め設定された減衰が騒音周波数成分抑圧手段により与えられ、前記時間波形変換手段においては、前記音声周波数成分抽出手段および前記騒音周波数成分抑圧手段によりそれぞれ出力された振幅スペクトルが前記第1スペクトル変換手段により算出された位相スペクトルを用いて時間波形に変換される。

【0009】請求項4記載の発明によれば、請求項3記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分と判定されなかった前記第1スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルが抽出され、その抽出された振幅スペクトルから音声の周波数成分以外の周囲騒音スペクトルと出力レベルが騒音レベル推定手段により推定され、前記騒音レベル推定手段の推定結果に応じて前記騒音周波数成分抑圧手段における減衰量が騒音抑圧量算出手段で決定される。

【0010】請求項5記載の発明によれば、請求項1乃至4の何れかに記載の送話器において、前記音声周波数成分抽出手段により出力される振幅スペクトル中のカットオフ周波数 $\omega_{cH}$ 以上の成分が高域通過フィルタ手段で通過され、前記第2スペクトル変換手段により出力される振幅スペクトル中のカットオフ周波数 $\omega_{cL}$ 以下の成分が低域通過フィルタ手段で通過され、前記時間波形変換手段においては、前記高域通過フィルタ手段により出力される振幅スペクトルを前記第1スペクトル変換手段により算出された位相スペクトルを用いて変換した時間波形と、前記低域通過フィルタ手段により出力される振幅スペクトルを前記第2スペクトル変換手段により算出された位相スペクトルを用いて変換した時間波形とが合成される。

【0011】請求項6記載の発明によれば、請求項5記載の送話器において、前記騒音レベル推定手段の推定結

果から前記高域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ と前記低域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ がカットオフ周波数算出手段で決定される。請求項7記載の発明によれば、請求項1乃至6の何れかに記載の送話器において、前記第1スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルの大きさと、予め設定された無発声区間判定しきい値とが無発声区間検出手段により比較され、前記振幅スペクトルの大きさが前記無発声区間判定しきい値よりも小さいとき無発声状態であると判定され、前記無発声区間検出手段により無発声状態と判定された場合に、各周波数成分について前記音声周波数成分選択手段に用いるしきい値を、前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルの値よりも大きくなるようにしきい値算出手段により更新される。

【0012】請求項8記載の発明によれば、請求項1乃至7の何れかに記載の送話器において、前記第2スペクトル変換手段の出力振幅スペクトルの大きさと、予め設定された無発声区間判定しきい値とが無発声区間検出手段により比較され、前記振幅スペクトルの大きさが前記無発声区間判定しきい値よりも小さいとき無発声状態であると判定され、前記無発声区間検出手段により無発声状態と判定された場合において、前記時間波形変換手段の出力信号が無発声区間減衰手段で減衰される。

#### 作用

請求項1記載の発明においては、骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号が、気導マイクロホンの出力信号と相関のある音声情報を有していること、その音声情報が騒音に対して頑健であること、の2点に着目し、気導マイクロホンの出力信号のスペクトルより音声の周波数成分が抽出される。骨導あるいは外耳道マイクロホンによって收音された音声は高域成分が減衰しており、低域成分が強いため音質は悪いが、周囲騒音の影響を受けにくい。このため、そのスペクトル微細構造は音声成分が強い周波数成分が強調された形をとる。図20は、騒音下（ホスノイズ 80 dBA）で收音した骨導音と気導音の短時間スペクトル例（母音）であるが、同図より骨導音は騒音下においても音声成分が強調されたスペクトル構造を維持していることが確認できる。そこで、骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号のスペクトル中の大きい周波数成分を求め、これらに対応する周波数成分を気導マイクロホンの出力信号のスペクトルから抽出する。このような音声の周波数成分の抽出処理によれば、音声の調波構造を直接利用していないので、従来の調波構造を利用した騒音抑圧技術のもつ問題点、すなわち、基本周波数推定誤差による騒音周波数成分除去性能の劣化と調波構造を持たない子音への適用による騒音抑圧効果の劣化、の以上2つの問題点を解決した騒音抑圧が可能になる。

【0013】請求項2記載の発明においては、請求項1記載の発明において音声の周波数成分と判定されなかつ

た周波数成分については、骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号が気導マイクロホンの出力中の対応する周波数成分に置き換える。この騒音周波数成分抽出手段によって、騒音に重畳した気導マイクロホンの周波数成分を、耐騒音性に優れた骨導あるいは外耳道マイクロホンの周波数成分に置き換えて、音質を向上させる。

【0014】請求項3記載の発明においては、請求項1記載の発明において音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分に対して予め設定された減衰処理を行う騒音周波数成分抑圧手段を具備する。この騒音周波数成分抑圧手段によって、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分に重畳している音声周波数成分が欠落してしまうことによる処理信号の音質劣化を防ぎ、音質を向上させる。

【0015】請求項4記載の発明においては、請求項3記載の発明において騒音周波数特性推定手段で騒音の振幅スペクトル特性と出力レベルを推定し、その推定結果に応じて音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分の減衰量を、騒音レベル推定手段で決定して、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分の減衰量を周囲騒音の状況に応じて制御し、音質を向上させる。

【0016】請求項5に記載の発明においては、請求項1乃至4の何れかに記載の発明において、前記音声周波数成分抽出手段の出力中の高周波数帯域のみがカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ の前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの振幅スペクトル中の低周波数帯域のみがカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ の低域通過フィルタ手段で通過され、前記時間波形変換手段では前記高域通過フィルタ手段の出力スペクトルを変換した時間波形と前記低域通過フィルタ手段の出力スペクトルを変換した時間波形とが合成される。これら高域通過フィルタ手段、低域通過フィルタ手段、時間波形変換手段によって、処理信号の低域における音質劣化を防ぎ、音質を向上させる。

【0017】請求項6記載の発明においては、請求項5記載の発明において前記高域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ と前記低域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ が、前記騒音レベル推定部の推定結果に応じてカットオフ周波数算出手段により算出される。このカットオフ周波数算出手段によって、周囲騒音の特性に応じた $\omega_{ch}$ 、 $\omega_{cl}$ の算出が可能となり、音質を向上させる。

【0018】請求項7記載の発明においては、請求項1乃至6の何れかに記載の発明において、無発声状態であることが無発声区間検出手段で判定され、前記無発声区間検出手段により無発声状態と判定された場合において、しきい値算出手段により、しきい値が算出し更新される。これら無発声区間検出手段としきい値算出手段によって、音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分の判定精度を向上させ、音質を向上させる。

【0019】請求項8記載の発明においては、請求項1

乃至7の何れかに記載の発明において、前記無発声区間検出手段により無発声状態と判定された場合において、処理後の信号が無発声区間減衰手段で減衰され、無発声状態であるときの騒音抑圧効果を向上させる。

【0020】

【発明の実施の形態】実施例1

図1にこの発明の実施例を示す。この発明では気導マイクロホン1と、骨導あるいは外耳道マイクロホン2が用いられ、これらマイクロホン1、2の各出力信号はスペクトル変換部3、4でスペクトル成分に変換される。

【0021】つまりこの請求項1の発明の実施例の動作は図9に示すように、まず、気導マイクロホン1、骨導あるいは外耳道マイクロホン2に騒音、音声あるいはこれらが互いに重畳しあった信号が収音され、これら収音信号はデジタル信号とされる(S02)。このデジタル信号として取り込んだマイクロホン1、2の信号を以下では、 $L(t_h)$ 、 $R(t_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )とする。

【0022】スペクトル変換部3、4では、取り込んだ信号 $L$ 、 $R$ を各々スペクトル $L(\omega_h)$ 、 $R(\omega_h)$ に変換する(S03)。この変換は、例えば各マイクロホンの出力信号を各々離散的フーリエ変換することにより行う。次に、音声周波数成分選択部7でスペクトル変換部4の出力係数である各周波数成分について音声の周波数成分か否かの判定を行う(S04)。音声の周波数成分の判定条件は外部から設定した各周波数成分のしきい値 $Th(\omega_h)$ と骨導あるいは外耳道マイクロホン2の出力中の各周波数成分 $R(\omega_h)$ の大小関係によって決定される。

【0023】

$Th(\omega_h) < R(\omega_h) \rightarrow$  音声の周波数成分  
外部から設定する $Th(\omega_h)$ の値は、例えば、騒音下でマイクロホン2によって収音した騒音の長時間スペクトルを参考に決定する。つまり、無発声時におけるマイクロホン2で求めた騒音レベル(振幅)の平均値より少し大きな値とする。

【0024】音声周波数成分選択部7において音声の周波数成分と判定された周波数成分については、音声周波数成分抽出部5でスペクトル変換部3の出力から抽出され、それらの値は $S(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )として記憶部(図示せず)に格納される(S05)。

$S(\omega_m) = L(\omega_m)$  ( $m=i, j, \dots$ )

なお、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分に対応する $S(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots$ )については、それらの値を0とする。

【0025】最後に、音声周波数成分抽出部5で抽出された $S(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )を時間波形変換部6によって逆フーリエ変換し、時間波形信号を出力する(S06)。以上の処理はフレーム処理を基本とし、(S02)で読み込んだ信号の時間長をシフトして重ね

合わせる方法で行う。例えば、時間長40msのときシフト幅を1/2にすればフレーム周期20msで上記(S02)～(S06)の処理がくり返されることになる。

実施例2

請求項1記載の発明では、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分については完全に除去する。しかし、音声と騒音の周波数成分が互いに重なっているような成分についても完全に除去してしまうのは好ましくない。請求項2記載の発明は、騒音の重畳が無視できない振幅スペクトル成分については耐騒音性に優れた骨導あるいは外耳道音の振幅スペクトルに置き換え、音質を向上させるものである。

【0026】図2は請求項2の実施例を示し、騒音周波数成分抽出部8を音声周波数成分選択部7の出力側に接続したことを除けば、図1と同じ構成である。以下で、請求項2の実施例を示す流れ図10を用いて騒音周波数成分抽出部8の処理について説明する。騒音周波数成分抽出部8では、音声周波数成分選択部7において音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分 $L(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots$ )の振幅スペクトルを対応する骨導または外耳道音の振幅スペクトル $|R(\omega_m)|$ に置き換え、それらの値を $S(\omega_m)$ として記憶部に格納する(S06)。

【0027】 $S(\omega_m) = |R(\omega_m)| \times (L(\omega_m) / |L(\omega_m)|)$   
( $m=k, 1, \dots$ )

上式で、 $(L(\omega_m) / |L(\omega_m)|)$ はスペクトル成分 $L(\omega_m)$ の位相項を表す。従って、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分はマイクロホン2の対応周波数成分が時間波形変換部6で時間波形に変換される。

実施例3

請求項2記載の発明では、騒音の重畳が無視できない周波数成分について骨導または外耳道音の振幅スペクトルに置き換えた。請求項3記載の発明は、マイクロホン1の出力信号中の、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分を完全に除去するのではなく、予め設定された重み係数を乗ずることにより、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分に重畳している音声周波数成分が欠落してしまうことによる処理信号の音質劣化を防ぎ、音質を向上させるものである。

【0028】図3は請求項3の実施例を示し、騒音周波数成分抑圧部9をスペクトル変換部3と音声周波数成分選択部7に接続したことを除けば、図1と同じ構成である。以下で、請求項3の実施例を示す流れ図11を用いて騒音周波数成分抑圧部9における処理について説明する。騒音周波数成分抑圧部9では、スペクトル変換部3の出力中の、音声周波数成分選択部7において音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分 $L(\omega_m)$  ( $m$

$=k, 1, \dots)$ を、外部より設定された減衰量で抑圧する。例えば、大きさが1より小さい重み係数 $w(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots)$ をスペクトル変換部3の周波数中の対応するものに乘ずることにより抑圧処理を行う(S06)。

【0029】 $S(\omega_m) = w(\omega_m) \times L(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots)$

重み係数 $w(\omega_m)$ の値は、処理音声の騒音抑圧効果と音質との兼ね合いから決定される。例えば、騒音の抑圧効果を重視したい場合には $w(\omega_m)$ の値は0に近い小さな値とし、音質を重視する場合には $w(\omega_m)$ の値は1に近い大きな値に調整する。

#### 実施例4

請求項3記載の発明では、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分の減衰量を外部より設定する。この場合、騒音の変化が大きい場所で適切な騒音減衰量に調整するのは困難になる。請求項4記載の発明は、騒音のスペクトルと出力レベルを推定し、その推定結果に応じて音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分の減衰量を決定することにより、騒音に応じた騒音抑圧処理を可能にし音質を向上させるものである。

【0030】図4は、請求項4の実施例を示し、スペクトル変換部3の出力と、音声周波数成分選択部の出力とが騒音レベル推定部10に入力され、その出力から騒音抑圧量算出部11に入力された構成を除けば、図3と同じである。以下で、請求項4の実施例の動作を示す流れ図12を用いて騒音レベル推定部10、および騒音抑圧量算出部11における処理について説明する。

$$w(\omega_m) = C$$

$$C = (L_{vh} - L_v) / (L_{vh} - L_{vl})^{npw}$$

$$0$$

ここで、 $C=0 \leq C \leq 1$ を満たす定数、 $L_{vh}$ は騒音抑圧を充分に行う必要があるような大きい騒音レベルの目安、 $L_{vl}$ は騒音抑圧をそれほど行う必要がない程度の小さい騒音レベルの目安、 $C$ は $w(\omega_m)$ を変化させる範囲を、 $npw$ は $w(\omega_m)$ を変化させる勾配を決める定数である。

【0035】図17に $C=1$ としたときの式(1)の $w(\omega_m) - L_v$ 特性を示す。この図が示すように、騒音が小さいときには重み係数 $w(\omega_m)$ は1に近づく。この場合には、騒音抑圧量は小さくなるため処理後の信号の劣化や残留雑音の問題が克服される。また、高騒音下においては、重み係数 $w(\omega_m)$ は0に近づくため、騒音抑圧量が大きくなり、処理後の信号の明瞭性を向上させることができる。

【0036】なお、ステップS07で算出される重み係数は騒音の全帯域における出力レベル $L_v$ に応じて算出されるが、これらの値は、騒音振幅スペクトル $|N(\omega_h)|$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )を複数( $r$ 個)のサブ帯

【0031】まず、騒音レベル推定部10で、 $L(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )より音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分 $L(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots)$ を抽出する。この抽出した成分 $L(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots)$ より、騒音の振幅スペクトル $|N(\omega_h)|$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )と、騒音の全帯域にわたる出力レベル $L_v$ を推定する(S06)。

【0032】 $|N(\omega_h)|$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )については、例えば、 $L(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots)$ が形成する振幅スペクトル包絡をスプライン補間することにより求める。 $L_v$ は、 $|N(\omega_h)|$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )のパワーとして次式により求められる。

【0033】

$$L_v = 20 \log_{10} (\sum |N(\omega_h)|)$$

あるいは、以下の式のように $|L(\omega_m)|$  ( $m=k, 1, \dots)$ を全帯域にわたり平均化することによって求めることもできる。

$$L_v = 20 \log_{10} ((n/q) \times \sum |L(\omega_m)|)$$

ここで、 $q$ は音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分の個数、和 $\Sigma$ は音声の周波数成分と判定されなかった周波数 $\omega_m$  ( $m=k, 1, \dots$ )に対応するものについてとる。

【0034】騒音抑圧量算出部11では、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分に乘ずる重み係数 $w(\omega_m)$  ( $m=k, 1, \dots)$ を算出する(S07)。 $w(\omega_m)$ の算出には例えば次式を用いる。

$$(L_v < L_{vl})$$

$$(L_{vl} \leq L_v \leq L_{vh})$$

$$(L_v > L_{vh})$$

域に分け、各々の出力レベル $L_{vp}$  ( $p=1, 2, \dots, r$ )を上式に適用することにより、各サブ帯域ごとの騒音の出力レベルに応じた値として求めることができる。また、ステップS07で算出したような重み係数による騒音抑圧ではなく、推定された騒音振幅スペクトル $|N(\omega_h)|$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )を信号 $L$ の振幅スペクトル $|L(\omega_h)|$ から差引くスペクトルサブトラクション処理を適用することも可能である。

#### 実施例5

骨導あるいは外耳道マイクロホン2により取音された音声は高域成分が小さいので音質は悪いが、低域成分が強いため周囲騒音には影響を受けにくい特徴をもつ。そこで低域成分には骨導あるいは外耳道マイクロホン2で取音した信号を、高域成分には気導マイクロホン1により取音された信号を処理した信号を、それぞれ用いて合成することにより音質を向上させる。

【0037】図5は請求項5の実施例を示し、音声周波数成分抽出部5及び騒音周波数成分抑圧部9の各出力側

に、高域通過フィルタ12を、スペクトル変換部4の出力側に低域通過フィルタ13をそれぞれ接続し、これらフィルタ12、13の出力が時間波形変換部6へ供給される。この時間波形変換部6における処理が異なったことを除けば図4と同じ構成、動作である。以下、請求項5の実施例を示す流れ図13を用いて高域通過フィルタ12、低域通過フィルタ13、時間波形変換部6における処理について説明する。

【0038】高域通過フィルタ12は、音声周波数成分抽出部5と騒音周波数成分抑圧部9の各出力スペクトル $S(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )のカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ 以上の高域成分を通過させる。以下、通過した出力スペクトルを $L'(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )とする(S09)。低域通過フィルタ9は、骨導あるいは外耳道マイクロホン2より算出されたスペクトル $R(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )のカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ 以下の低域成分を通過させる。以下、通過した出力スペクトルを $R'(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )とする(S10)。例えば $\omega_{ch}=\omega_{cl}=1\text{kHz}$ 程度とされる。

【0039】時間波形変換部6では、(S09)および

$$\begin{aligned}\omega_{cl} &= \omega_{cl0} \\ \omega_{cl0} + (\omega_{ch0} - \omega_{cl0}) \times (L_v - L_{v1}) / (L_{vh} - L_{v1}) \\ &\quad (L_{v1} \leq L_v \leq L_{vh}) \\ \omega_{ch} &= \omega_{ch0} \\ \omega_{ch} &= \omega_{cl}\end{aligned}$$

ここで、 $\omega_{cl0}$ はカットオフ周波数の下限値、 $\omega_{ch0}$ はカットオフ周波数の上限値である。この式によれば、推定騒音レベル $L_v$ が大きい場合には $\omega_{cl}$ 、 $\omega_{ch}$ がより高周波に設定され、SN比の劣化した気導音の出力が押さえられる。逆に騒音の広域成分が小さい場合には $\omega_{cl}$ 、 $\omega_{ch}$ がより低周波に設定され、SN比が比較的良い気導音の出力が強調される。

#### 実施例7

請求項1から請求項6記載の発明では、音声周波数成分選択部7において、ある周波数成分が音声の周波数成分であるか否かを判定するしきい値 $Th(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )を外部より設定している。請求項7記載の発明は、無発声状態であるときに周囲騒音によって生じている骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力レベルを利用して、しきい値 $Th(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )を算出し、修正することにより音声周波数成分選択部7において音声の周波数成分の判定精度を向上させ、音質を向上させるものである。

【0042】図7は請求項7の実施例を示し、スペクトル変換部4の出力側に無発声区間検出部15としきい値算出部16をそれぞれ接続し、また無発声区間検出部15の出力をしきい値算出部16に出力することを除けば、図6と同じ構成である。以下で、流れ図15を用いて無発声区間検出部15、およびしきい値算出部16に

(S10)の出力スペクトル $L'(\omega_h)$ 、 $R'(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )をフーリエ逆変換によって各々時間波形 $L'(t_h)$ 、 $R'(t_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )に戻し(S11)、これら $L'(t_h)$ 、 $R'(t_h)$ を加算して出力する(S12)。

#### 実施例6

請求項6記載の発明では、高域通過フィルタ8のカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ と低域通過フィルタ9のカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ を、周囲騒音の状況を考慮して適切に選ぶことにより、さらに騒音が少なく音質の良い音声を得られる。

【0040】図6は請求項6の実施例を示し、カットオフ周波数算出部14を騒音レベル推定部10の出力側に接続したことを除けば図5と同じ構成である。以下で請求項6の実施例の動作を示す流れ図14を用いてカットオフ周波数算出部14における処理について説明する。カットオフ周波数算出部14では、騒音レベル推定部10で推定された騒音レベル $L_v$ を参照して決定される(S09)。例えば、次式により $\omega_{cl}$ 、 $\omega_{ch}$ を決定する。

【0041】

$$\begin{aligned}(L_v < L_{v1}) \\ (L_{v1} \leq L_v \leq L_{vh}) \\ (L_v > L_{vh})\end{aligned}$$

における処理について説明する。

【0043】無発声区間検出部15では、まずスペクトル変換部4の出力 $R(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )の振幅スペクトルの大きさを表す指標として、例えば、次式で表されるRPを計算する(S04)。

$$RP = 20 \log_{10} (\sum |R(\omega_h)|)$$

ここで、和 $\Sigma$ は全帯域にわたる周波数成分についてとる。骨導あるいは外耳道マイクロホン2の出力は、周囲騒音に頑健であるため、上記RPの値は無発声区間では小さな値を、発声区間では大きな値を取ると考えられる。そこで、無発声区間か否かの判定を次式で行う(S05)。

【0044】

$$RP \leq P_{Th} \quad \text{無発声区間}$$

$$RP > P_{Th} \quad \text{発声区間}$$

$P_{Th}$ は、外部より設定される無発声区間判定しきい値であり、例えば無発声区間でのマイクロホン2の出力パワー(騒音パワー)より少し大きめの値とする。無発声区間判定において、無発声区間と判定された場合には、変数muteを“on”(S07)、発声区間と判定された場合にはmuteを“off”(S08)として出力する。

【0045】しきい値算出部16では、無発声区間検出部15のmuteが“on”である分析フレームにおい



て(S08)、スペクトル変換部4の出力 $R(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )としきい値 $Th(\omega_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )を比較し、各周波数について $R(\omega_h)$ 以上となるようにしきい値 $Th(\omega_h)$ を更新する(S09)。

【0046】 $Th(\omega_h) = R(\omega_h) (Th(\omega_h) < R(\omega_h) \text{ のときのみ})$

#### 実施例8

請求項8記載の発明は、無発声区間検出部15により無発声状態と判定された場合に、時間波形変換部6の出力を減衰させ、騒音抑圧効果を向上させるものである。

【0047】図8は請求項8の実施例を示し、時間波形変換部6の出力側に無発声区間減衰部17を接続したことを除けば、図7と同じ構成である。以下で、流れ図16を用いて無発声区間減衰部17における処理について説明する。無発声区間減衰部17では、無発声区間検出部15の出力変数 $mute$ が“on”である場合には(S20)、時間波形変換部6の出力 $S(t_h)$  ( $h=1, 2, \dots, n$ )を減衰させる。

#### 実験例

請求項1に記載の発明を適用した実験例を以下に示す。実験室内で気導マイクロホン1を耳元に、骨導マイクロホン2を耳孔内に設置した。收音は、実験室内で80dB(A)のホワイトノイズを発生させたときに2つのマイクロホンに混入する騒音と、無騒音下で発声したときの音声について行った。そして、別々に收音された騒音と音声を計算機上で加算した信号を処理前のデータとして利用した。 $S/N$ 比は音声信号の平均電力と騒音信号の平均電力の比で定義し、このときマイクロホン1におけるその値は1dBであった。信号のスペクトル分解の周波数分解能は22Hz、分析フレームは46ms、分析フレームの更新周期は23msとした。

【0048】図18Aに、気導マイクロホン1で收音した処理前の音声信号、同図Bに騒音信号、同図Cに騒音加算音声信号、同図Dに処理後の信号をそれぞれ示す。この図から、処理後の信号(D)が処理前の音声信号(A)をよく復元していることが確認できる。上述の説明から明らかなように、図5において騒音レベル推定部10、騒音抑圧量算出部11は省略してもよい。図6において騒音抑圧量算出部11を省略してもよい。図7中の無発声区間検出部15、しきい値算出部16を図1乃至図5の何れかに設けてもよい。同様に図8中の無発声区間検出部15と無発声区間減衰部17を図1乃至図6の何れかに設けてもよい。更に図1乃至図8に示す構成は機能的なものでありマイクロプロセッサを主体とする制御手段によりプログラムの読出し、解読実行により、各部の処理を順次作動させてもよい。

【0049】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項1記載の発明は、空气中を伝搬する音声を收音する気導マイクロ

ホンと、話者の骨振動あるいは外耳道内音圧を收音する骨導あるいは外耳道マイクロホンとを用い、これら第1、第2のマイクロホンの各々の出力信号を第1、第2のスペクトル変換手段で、振幅スペクトルと位相スペクトルに変換し、前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号の振幅スペクトルと、予め設定されたしきい値とを各周波数成分ごとに音声周波数成分選択手段で比較して、しきい値よりも大きな周波数成分を音声の周波数成分と判定し、前記気導マイクロホンの出力信号の振幅スペクトルから、前記音声周波数成分選択手段により音声の周波数成分と判定された周波数に対応する成分を音声周波数成分抽出手段で抽出し、この抽出された周波数成分のスペクトルを、前記気導マイクロホンの前記スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて時間波形に時間波形変換手段で変換しているの、従来の調波構造を利用した騒音抑圧技術のもつ問題点、すなわち、基本周波数推定誤差による騒音周波数成分除去性能の劣化と、調波構造を持たない子音への対応、の以上2つの問題点を解決している。したがって、従来技術では基本周波数推定誤差のため、あるいはもともと基本周波数を持たない子音の存在のため、騒音除去の効果がなかった場合においても威力を発揮する送話器が得られる。

【0050】請求項2記載の発明は、請求項1記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分については前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号において対応する周波数成分を騒音周波数成分抽出手段で抽出し、前記時間波形変換手段においては、前記音声周波数成分抽出手段および前記騒音周波数成分抽出手段によりそれぞれ出力されたスペクトルを、前記気導マイクロホンの前記スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて時間波形に変換するので、騒音に重畳した気導マイクロホンの周波数成分を、耐騒音性に優れた骨導あるいは外耳道マイクロホンの周波数成分に置き換えることになり、音質を向上させた送話器が得られる。請求項3記載の発明は、請求項1記載の送話器において、前記音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分と判定されなかった前記気導マイクロホンの出力信号の周波数成分に対して予め設定された減衰を、騒音周波数成分抑圧手段で行い、前記時間波形手段においては、前記音声周波数成分抽出手段および前記騒音周波数成分抑圧手段によりそれぞれ出力されたスペクトルを、前記気導マイクロホンの前記スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて時間波形に変換するので、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分に重畳している音声周波数成分が欠落してしまうことによる処理信号の音質劣化を防ぎ、音質を向上させた送話器が得られる。

【0051】請求項4記載の発明は、請求項3記載の送

話器において、前記音声周波数成分選択手段において音声の周波数成分と判定されなかった前記気導マイクロホンの出力信号の振幅スペクトルを抽出し、その振幅スペクトルから音声の周波数成分以外の周囲騒音スペクトルと出力レベルを騒音レベル推定手段で推定し、その推定結果に応じて前記騒音周波数成分抑圧手段における減衰量を騒音抑圧量算出手段で決定するので、音声の周波数成分と判定されなかった周波数成分の減衰量を周囲騒音の状況に応じて制御し、音質を向上させた送話器が得られる。

【0052】請求項5記載の発明は、請求項1、請求項2、請求項3、または請求項4記載の送話器において、前記音声周波数成分抽出手段により出力される振幅スペクトル中の高周波数帯域がカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ の高域通過フィルタ手段で通過させられ、前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの前記スペクトル変換手段により出力される振幅スペクトル中の低周波数帯域がカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ の低域通過フィルタ手段で通過させられ、前記時間波形変換手段においては、前記高域通過フィルタ手段により出力される振幅スペクトルを前記気導マイクロホンの前記スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて変換した時間波形と、前記低域通過フィルタ手段により出力される振幅スペクトルを前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの前記スペクトル変換手段により算出される位相スペクトルを用いて変換した時間波形とを合成するので、処理信号の低域における音質劣化を防ぎ、音質を向上させた送話器が得られる。

【0053】請求項6記載の発明は、請求項5記載の送話器において、前記騒音レベル推定手段の推定結果から前記高域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{ch}$ と前記低域通過フィルタ手段のカットオフ周波数 $\omega_{cl}$ がカットオフ周波数算出手段で決定されるので、周囲騒音の特性に応じた $\omega_{ch}$ 、 $\omega_{cl}$ の算出が可能となり、音質を向上させた送話器が得られる。

【0054】請求項7記載の発明は、請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5または請求項6記載の送話器において、無発声区間検出手段で、前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号の振幅スペクトルの大きさと、予め設定された無発声区間判定しきい値とを比較し、前記振幅スペクトルの大きさが前記無発声区間しきい値よりも小さいとき無発声状態であると判定し、無発声状態と判定された場合に、各周波数成分について前記音声周波数成分選択手段に用いるしきい値が、前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号の振幅スペクトルの値よりも大きくなるようにしきい値算出手段で、更新されるので、音声周波数成分選択部において音声の周波数成分の判定精度を向上させ、音質を向上さ

せた送話器が得られる。

【0055】請求項8記載の発明は、請求項1、請求項2、請求項3、請求項4、請求項5または請求項6記載の送話器において、無発声区間検出手段で、前記骨導あるいは外耳道マイクロホンの出力信号の振幅スペクトルの大きさと、予め設定された無発声区間判定しきい値とを比較し、前記振幅スペクトルの大きさが前記無発声区間判定しきい値よりも小さいとき無発声状態であると判定し、無発声状態と判定された場合において、前記時間波形変換手段の出力信号が無発声区間減衰手段で減衰されるので、無発声状態であるときの騒音抑圧効果を向上させた送話器が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図2】請求項2の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図3】請求項3の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図4】請求項4の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図5】請求項5の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図6】請求項6の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図7】請求項7の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図8】請求項8の発明の実施例の機能的構成を示すブロック図。

【図9】図1の実施例の動作を示す流れ図。

【図10】図2の実施例の動作を示す流れ図。

【図11】図3の実施例の動作を示す流れ図。

【図12】図4の実施例の動作を示す流れ図。

【図13】図5の実施例の動作を示す流れ図。

【図14】図6の実施例の動作を示す流れ図。

【図15】図7の実施例の動作を示す流れ図。

【図16】図8の実施例の動作を示す流れ図。

【図17】実施例4における $w(\omega_0)$ の $L_v$ 特性例を示す図。

【図18】請求項1の発明を適用した実験例における処理前の音声信号、騒音信号、騒音加算音声信号、及び処理後の信号をそれぞれ示す図。

【図19】従来技術の送話器の機能的構成を示すブロック図。

【図20】騒音下における骨導音と気導音の短時間スペクトル例を示す図。

【図1】

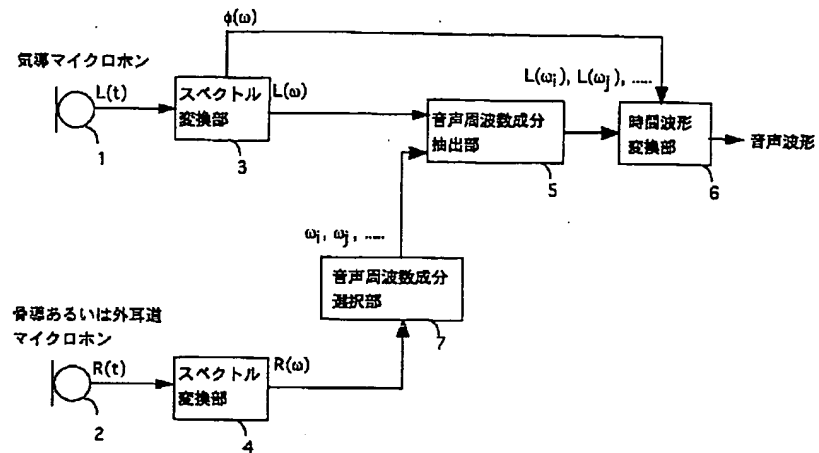


図 1

【図2】

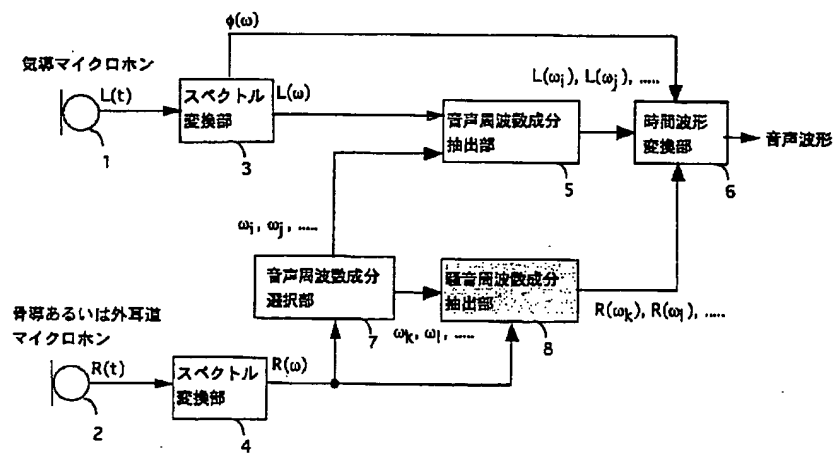


図 2

【図3】

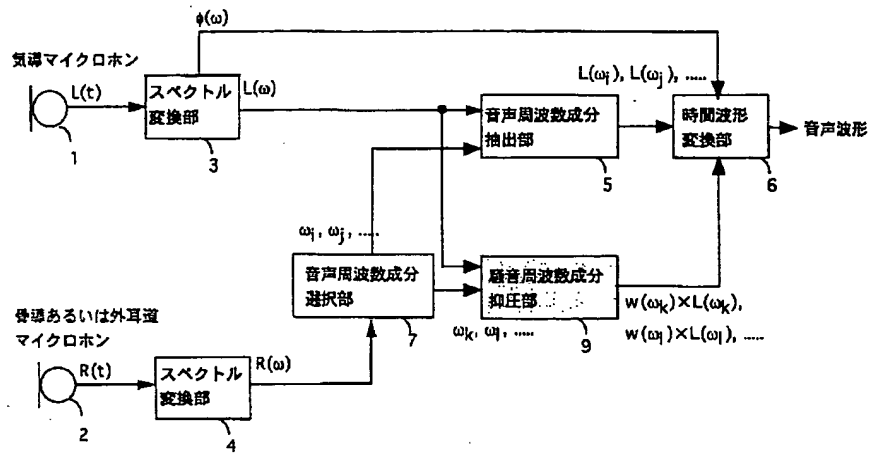


図 3

【図4】

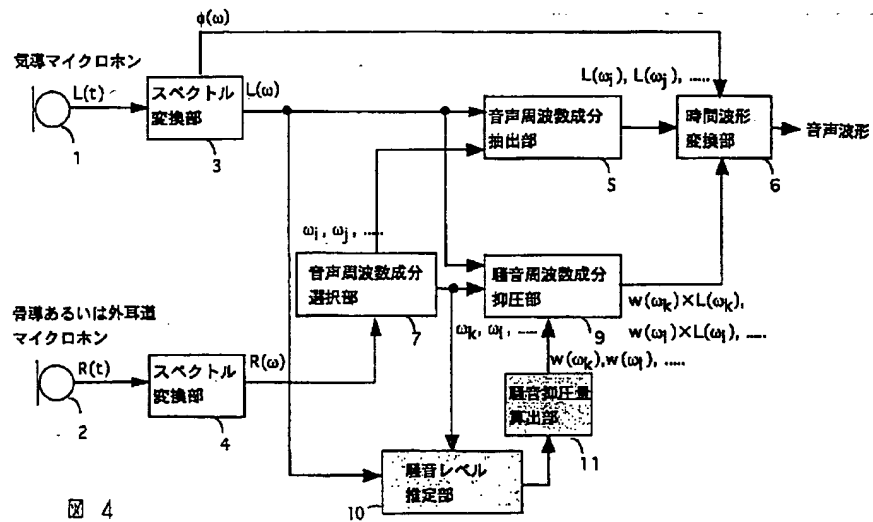
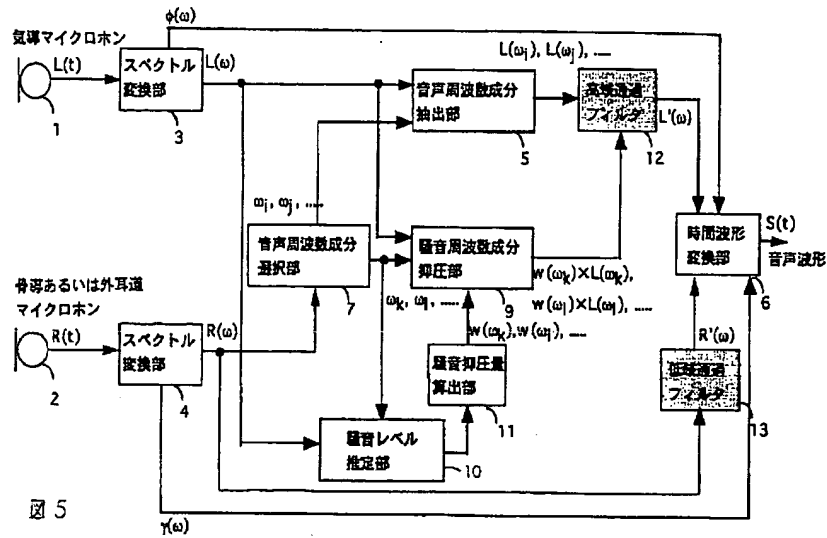
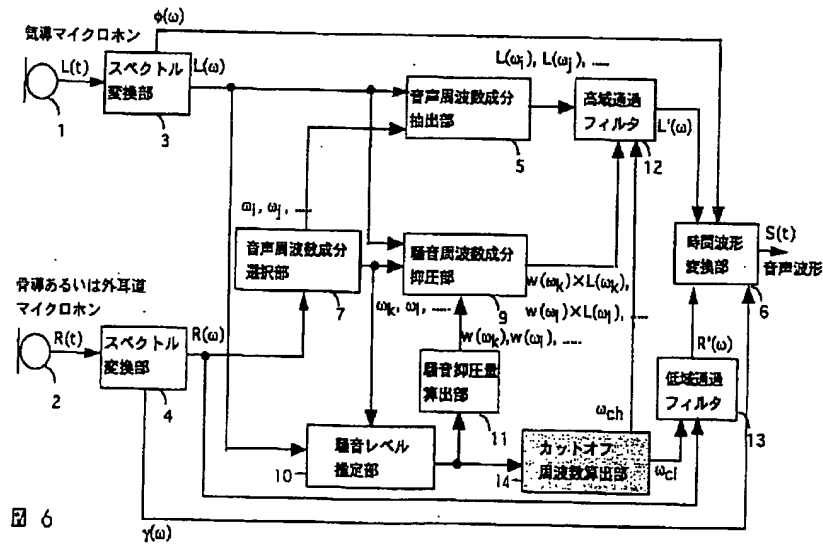


図 4

【図5】



【図6】



【図7】

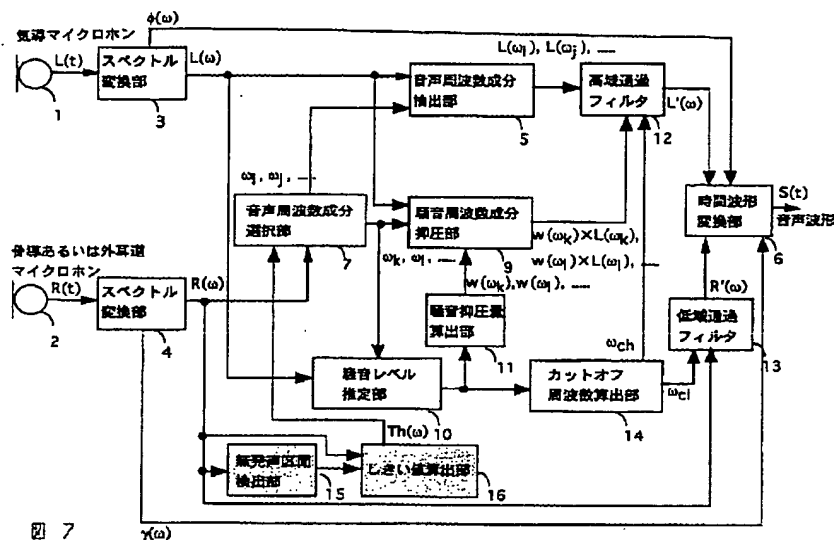


図 7

【図8】

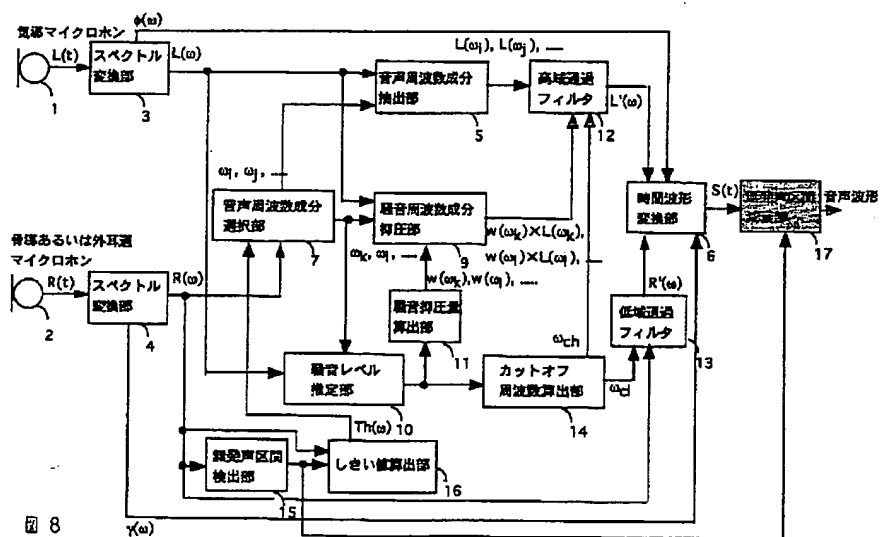


図 8

【図9】

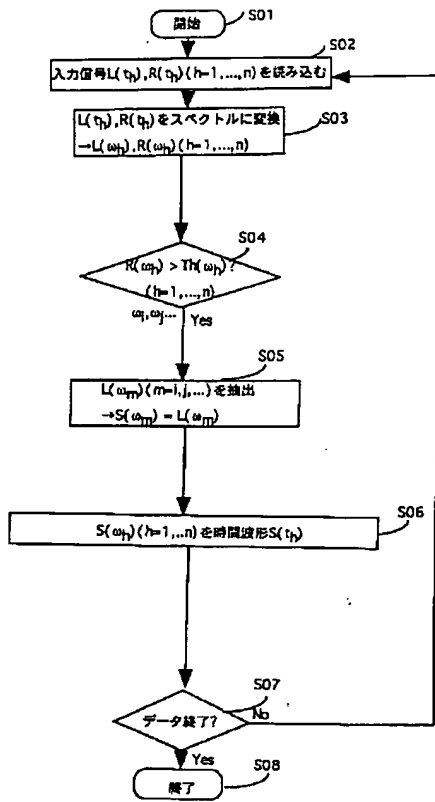


図 9

【図10】

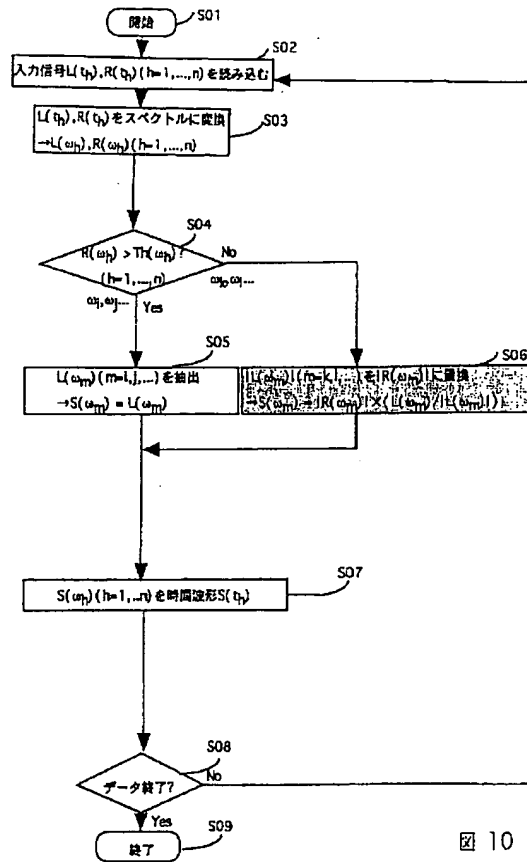


図 10

【図17】

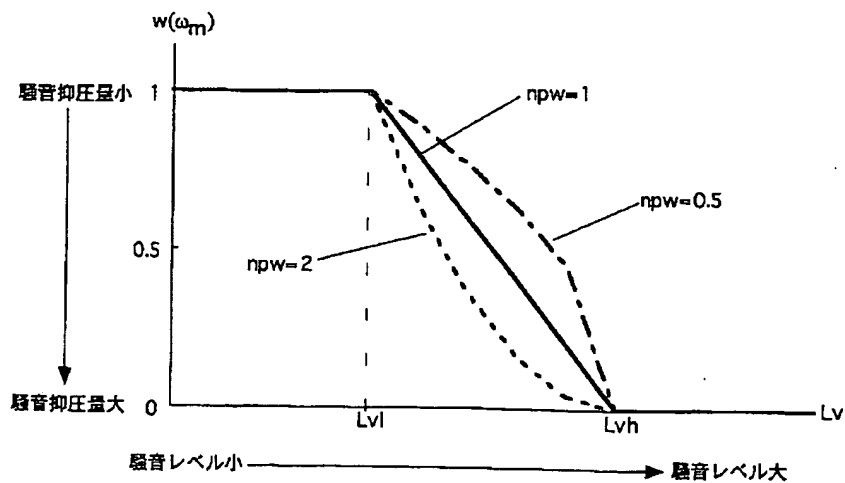
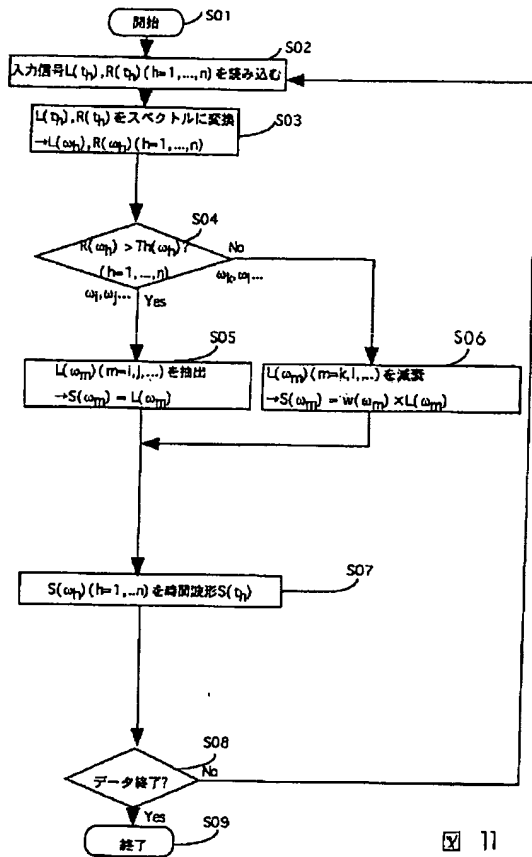


図 17

【図11】



【図12】

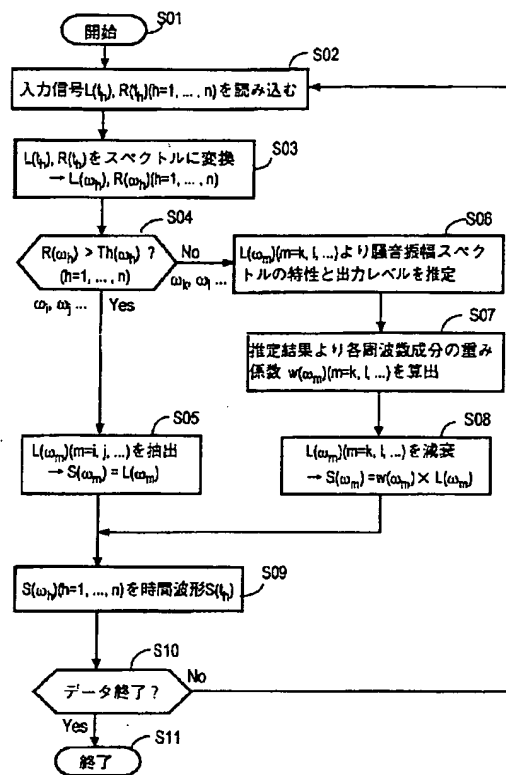


図12

【図19】

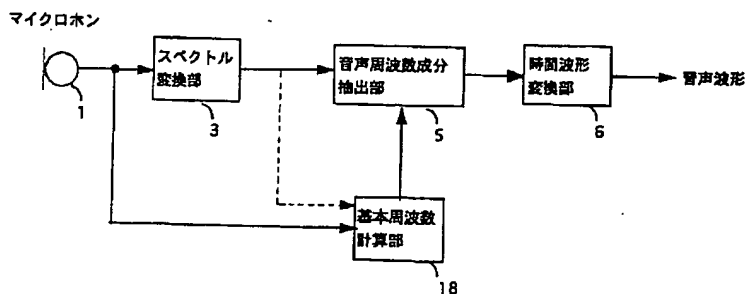


図 19



【図13】

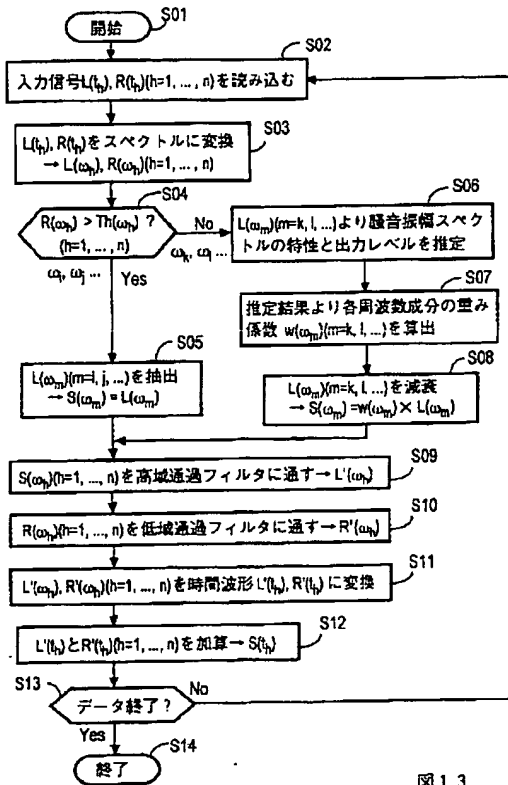


図13

【図14】

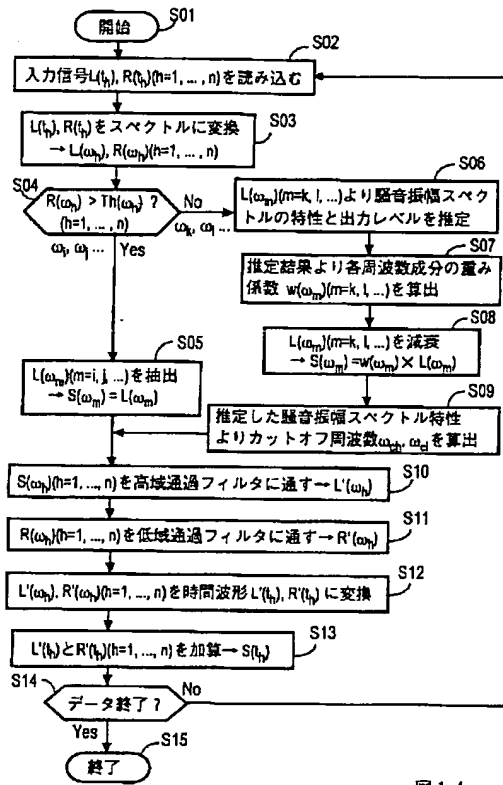
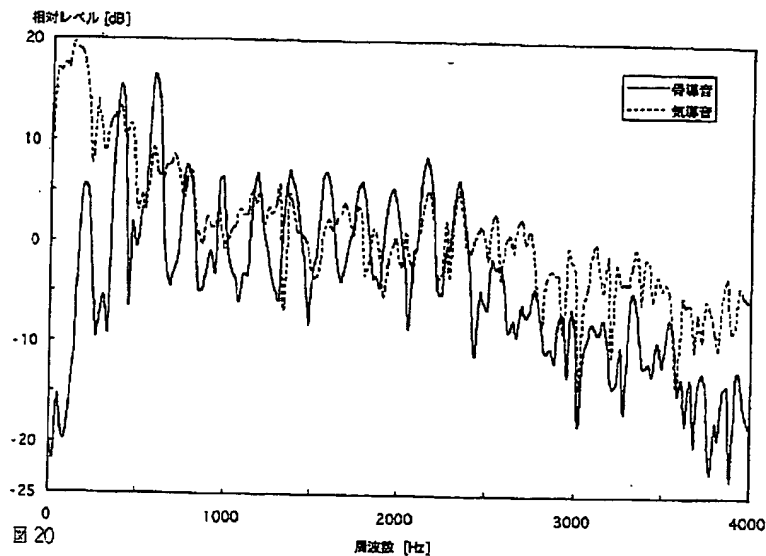


図14

【図20】



【図15】

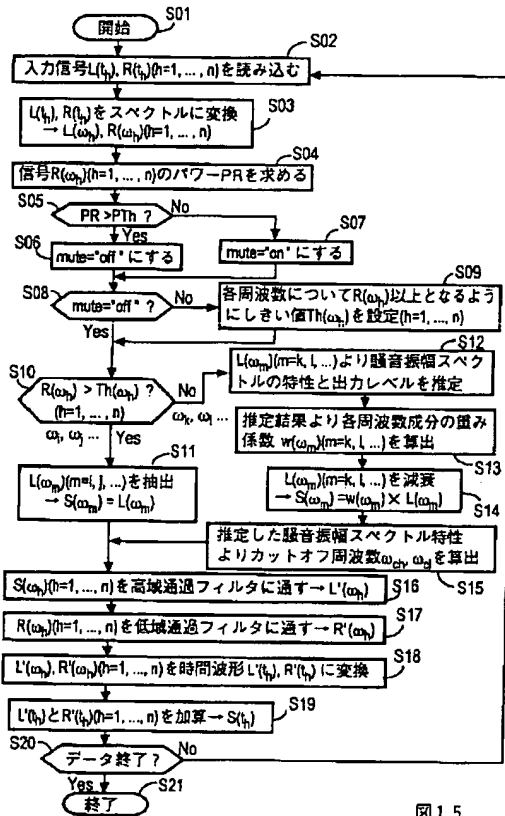


図15

【図16】

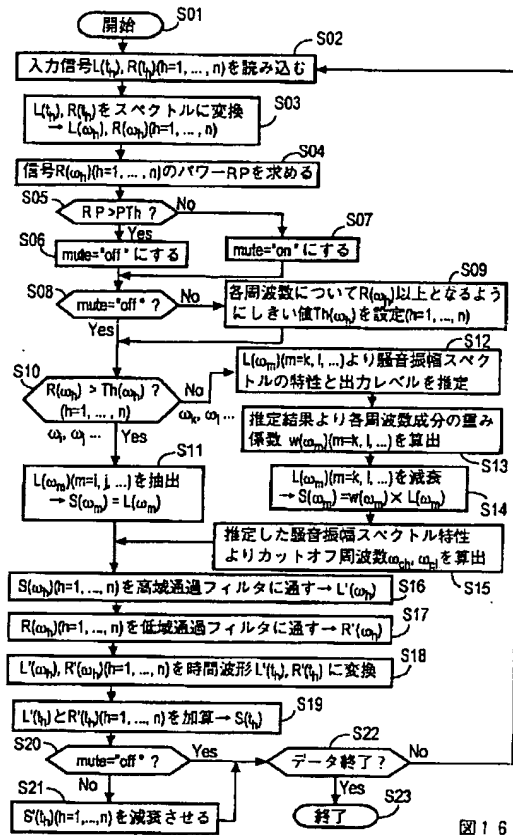


図16

【図18】

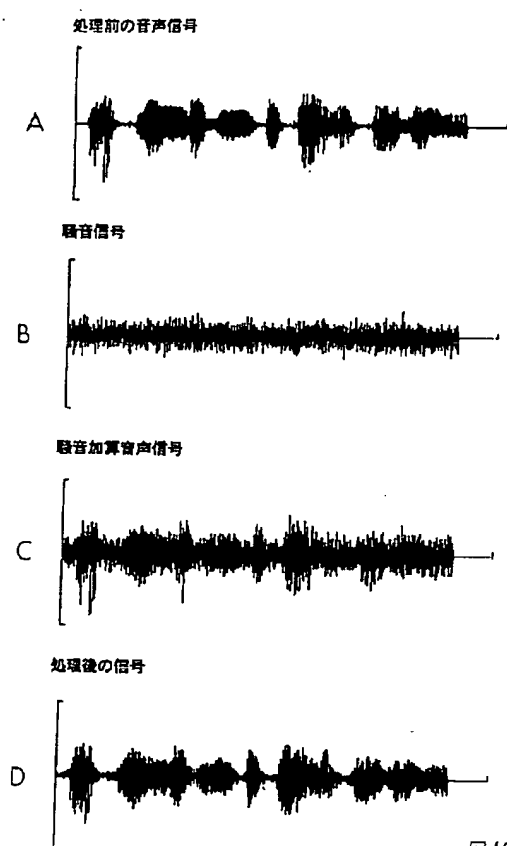


図18

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**